

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija**

**Ivana Vidović Popek**

6839/PT

**PROCJENA ŽIVOTNOG CIKLUSA PREHRAMBENOG PROIZVODA – ZERO WASTE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Naziv znanstveno-istraživačkog ili stručnog projekta: „Ekstrakcije bioaktivnih spojeva iz mediteranskog bilja sa “zelenim otapalima” primjenom visokonaponskog pražnjenja” (IP-2016-06-1913) financiranog sredstvima Hrvatske zaklade za znanost.**

**Mentor:prof.dr.sc. Anet Režek Jambrak**

**Zagreb, 2018.**

## **TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

**Završni rad**

**Sveučilište u Zagrebu**

**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija**

**Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo**

**Laboratorij za procesno-prehrambeno inženjerstvo**

### **PROCJENA ŽIVOTNOG CIKLUSA PREHRAMBENOG PROIZVODA – ZERO WASTE**

**Ivana Vidović Popek, 0058204115**

**Sažetak:** Ovaj rad opisuje metodu Procjene životnog ciklusa (LCA), glavne komponente i svrhu te povezanost sa ISO standardima. Bavi se problemom otpada u prehrambenoj industriji i općenito. Daje prikaz procjene životnog ciklusa prehrambenog proizvoda kečapa, svih faza koje obuhvaća proces proizvodnje te analizu potrošnje energije i utjecaja na okoliš – globalno zatopljenje, eutrofikacija, acidifikacija. Ukratko je opisana zero waste filozofija i naveden primjer uspješne prilagodbe proizvodnje prema načelima tog koncepta.

**Ključne riječi:** Procjena životnog ciklusa, upravljanje otpadom, zero waste

**Rad sadrži:** 23 stranice, 9 slika

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom(pdf format) obliku pohranjen u:** Knjižnica  
Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** prof.dr.sc.Aneta Režek Jambrak

**Pomoć pri izradi:**

**Datum obrane:** 10. 09. 2018.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Bachelor thesis**

**University of Zagreb**

**Faculty of Food Technology and Biotechnology**

**University undergraduate study Food Technology**

**Department of Food Engineering**

**Laboratory for Food Processing**

### **LIFE CYCLE ASSESSMENT OF THE FOOD PRODUCT – ZERO WASTE**

**Ivana Vidović Popek, 0058204115**

**Abstract:** This thesis describes the method of Life Cycle assessment (LCA), its main elements and purpose and connection with ISO standards. It deals with the problem of waste in the food industry and in general. It gives the review of the Life Cycle Assessment of the food product – ketchup, all phases included in the production process, and analysis of energy consumption and environmental impacts like global warming, eutrophication, acidification. The Zero waste philosophy is briefly described and an example of successful adaptation in production process according to the principles of this concept is listed.

**Keywords:** Lifecycle assessment, waste management, zero waste

**Thesis contains:** 23 pages, 9 pictures

**Original in:** Croatian

**Final work in printed and electronic(pdf format) version is deposited in:** Library of the faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** Anet Režek Jambrak, Full Professor, PhD

**Technical support and assistance:**

**Defence date:** 10. 09. 2018.

**Ovaj rad izrađen je u okviru projekta „Ekstrakcije bioaktivnih spojeva iz mediteranskog bilja sa “zelenim otapalima” primjenom visokonaponskog pražnjenja” (IP-2016-06-1913) financiranog sredstvima Hrvatske zaklade za znanost.**

## SADRŽAJ:

UVOD .....	1
PROCJENA ŽIVOTNOG CIKLUSA (LIFE CYCLE ASSESSMENT) .....	2
LIFE CYCLE ASSESSMENT I MEĐUNARODNA ORGANIZACIJA ZA STANDARDIZACIJU .....	4
KOMPONENTE PROCJENE ŽIVOTNOG CIKLUSA (LCA) .....	5
VARIJANTE PROCJENE ŽIVOTNOG CIKLUSA (LCA).....	7
PROBLEM OTPADA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI .....	7
MODELIRANJE PREHRAMBENOG OTPADA POMOĆU LCA .....	9
PRIMJENA LCA METODE NA PREHRAMBENI PROIZVOD .....	10
PROCJENA ŽIVOTNOG CIKLUSA (LCA) KEČAPA OD RAJČICE .....	10
PROVEDBA METODE.....	11
ZERO WASTE .....	18
PRIMJENA ZERO WASTE KONCEPTA ZA UZGOJ GLJIVA - STARTUP TVRTKA FUNGHI ESPRESSO .....	19
ZAKLJUČAK: .....	21
POPIS SLIKA: .....	22
POPIS KORIŠTENE LITERATURE .....	23

## UVOD

Sve veći gospodarski rast i razvoj industrija uzrokuje štetne utjecaje na okoliš. Dolazi do prekomjernog ispuštanja štetnih plinova u atmosferu, tlo i u vode na Zemlji. Zbog neprestane eksploatacije resursa i sirovina, ti izvori postaju ograničeni te se javlja potreba za održivim razvojem i ponovnom upotrebom ili reciklacijom sirovina kako bi se one mogle ponovno upotrijebiti u nekom procesu.

Jedna od metoda koja se koristi za usporedbu i procjenu različitih proizvodnih procesa sciljem pronalaska najboljeg rješenja i opcija koje ne opterećuju okolišu tolikoj mjeri je Procjena životnog ciklusa ili „Life cycle assessment“ (LCA). Istražuje se svaki dio, tj. faza proizvodnje nekog proizvoda, od nabave ili uzgoja sirovine (ovisno koja grana industrije se promatra) do postupaka prerade sirovine i proizvodnje te pakiranja proizvoda, njegove distribucije i transporta na tržište, rukovanje u domaćinstvu i odlaganje proizvoda na kraju životnog ciklusa.

LCA se često preklapa s još jednim konceptom koji je započeo 70-ih godina prošlog stoljeća u Kaliforniji, a naziv se nalazi u imenu tvrtke Zero Waste Systems koju je osnovao kemičar Paul Palmer. On je prikupljao razne laboratorijske reagense, kemikalije i otopine koje su bile otpad ili višak elektroničke industrije te im pronalazio drugu svrhu i upotrebu. Zero waste u doslovnom prijevodu na hrvatski jezik znači „nula otpada“ što donekle i definira svrhu tog koncepta, premda je gotovo nemoguće postići to stanje, no postoje načini kako barem smanjiti produkciju otpada na što nižu razinu. To se može postići redizajnom proizvoda koji su izgubili svrhu za koju su bili namijenjeni, proizvodnjom proizvoda koji se lako mogu popraviti ili rastaviti, ponovnim korištenjem ili recikliranjem.

U ovom završnom radu, opisana je metoda LCA te njezine komponente i varijante u kojima se pojavljuje, zakonski propisi koji definiraju provođenje analize LCA te olakšavaju razumijevanje tog postupka. Opisani su problemi koji se javljaju tijekom proizvodnje bilo prehrambenih bilo drugih proizvoda, tj. problem nakupljanja otpada te koje posljedice za okoliš topredstavlja. Također je dani prikaz procjene životnog ciklusa jednog prehrambenog proizvoda, točnije kečapa poznatog švedskog proizvođača, koja je provedena 1998. godine. Ukratko je opisan koncept zero waste te jedan primjer koji ga je uspješno primjenio u proizvodnji gljiva.

## PROCJENA ŽIVOTNOG CIKLUSA (LIFE CYCLE ASSESSMENT)

Održivi razvoj je tema nacionalnih i međunarodnih programa. To zahtjeva mnoge stvari, ali iznad svega, zahtjeva brza poboljšanja u „eko-učinkovitosti“ ili u učinkovitosti kojom koristimo energiju i širok raspon materijala uzetih iz prirode te kako smanjujemo otpad. To se nadovezuje na dugoročan međunarodni interes za takozvanom „čišćom tehnologijom“. Održivi razvoj još više zahtjeva poboljšanje „eko- učinkovitosti“ kroz životni ciklus određenog proizvoda ili sustava (LCA guide, 1997).

Potrošači u razvijenim zemljama zahtijevaju visoku kvalitetu i sigurnost hrane s minimalnim štetnim utjecajem na okoliš. Pojačava se svijest potrošača te će oni u budućnosti sve više pri odabiru prehrambenih proizvoda uzimati u obzir ekološke i etičke kriterije. Od neophodne je važnosti procijeniti utjecaj procesa proizvodnje, iskorištavanja sirovina i sustava za distribuciju na okoliš u svrhu održivog razvoja (Roy i sur., 2009.).

Procjena životnog ciklusa (LCA) je alat koji obuhvaća procjenu utjecaja na okoliš (npr. iskorištavanje resursa te posljedice ispuštanja otpada za okoliš) nekog proizvoda, procesa, usluge ili sustava uzimajući u obzir svaki korak u životnom ciklusu tog proizvoda (ISO, 2006.; Pardo, Zufia, 2011.).

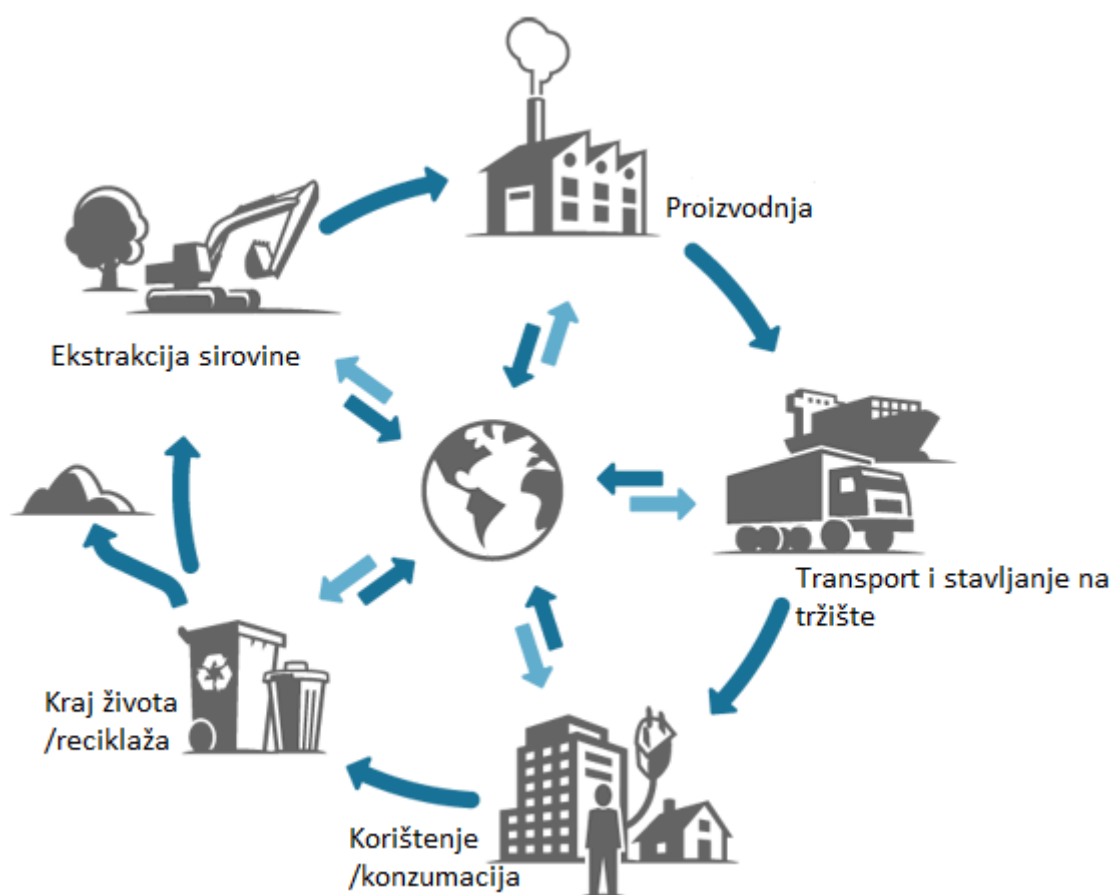
Životni ciklus proizvoda obuhvaća sve aktivnosti koje se odnose na proizvodnju, transport, upotrebu i odlaganje tog proizvoda. Uobičajeni životni ciklus se sastoji od niza fazi - od izvlačenja sirovina do dizajna i izrade, prerade, proizvodnje, pakiranja, distribucije, upotrebe, ponovne upotrebe, reciklaže te u konačnici- odlaganja otpada (Notarnicola i sur., 2017.).

LCA je pristup „od kolijevke do groba“ jer počinje s prikupljanjem sirovina iz zemlje koje se koriste u proizvodnji, a završava u trenutku kada su svi materijali vraćeni zemlji. Dok pristup „od kolijevke do groba“ predstavlja potpunu procjenu životnog ciklusa (LCA), djelomična LCA se može ostvariti kombinacijom tog pristupa. Djelomična LCA obuhvaća pristup „od kolijevke do vrata“, tj. od ekstrakcije resursa do vrata tvornice, te „od vrata do vrata“ pristup koji se odnosi na pojedine procese u lancu opskrbe. *Slika 1* prikazuje stupnjeve životnog ciklusa koji se mogu razmatrati LCA metodom (SIAC, 2006.).

Za svaki pojedinačni proces prikupljeni su ulazni i izlazni podaci kao što su emisija plinova, otpad, potrošnja energije te upotreba resursa (Berlin, 2003.). Ocjenjuje se svaki korak u životnom ciklusu proizvoda ili procesa, s pretpostavkom da su ti koraci međusobno ovisni, tj. da jedna operacija vodi k sljedećoj.

Uključujući utjecaje kroz životni ciklus proizvoda, LCA pruža potpuni pogled na ekološke aspekte proizvoda ili procesa te točniji prikaz pravih kompromisa za okoliš kod odabira nekog proizvoda ili procesa (SIAC, 2006.).

Do sada se LCA najčešće koristila za procjenjivanje utjecaja na okoliš određenih proizvoda i industrijskih usluga, ali sve veći broj istraživanja koji uključuju LCA stavlja naglasak na primjenu u sektoru poljoprivredno-prehrambene proizvodnje (Pardo i Zufia, 2011).



*Slika1:* Stupnjevi procjene životnog ciklusa (LCA) (Anonymus 1)



# **LIFE CYCLE ASSESSMENT I MEĐUNARODNA ORGANIZACIJA ZA STANDARDIZACIJU**

Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) je objavila nova, poboljšana izdanja standarda za procjenu životnog ciklusa, oblikovana tako da naglase okolišne probleme i područja u kojima je moguće provesti poboljšanja u proizvodnji i korištenju proizvoda.

- ISO 14040:2006, Upravljanje okolišem – Procjena životnog ciklusa – Principi i okvir; daje jasan pregled prakse, primjene i ograničenja LCA u širokom krugu potencijalnih korisnika i dioničara, uključujući i one s uskim znanjem o procjeni životnog ciklusa.
- ISO 14044:2006, Upravljanje okolišem – Procjena životnog ciklusa – Zahtjevi i smjernice, je oblikovan za pripremu, provođenje i kritički osvrt analize inventara životnog ciklusa te ujedno osigurava rukovođenje kroz faze procjene utjecaja i tumačenja u LCA i također osigurava prirodu, tj. izvor i kvalitetu prikupljenih podataka.

Navedeni standardi su nadopuna prethodnih verzija ISO standarda: ISO 14040:1997, ISO 14041:1999, ISO: 14042:2000 i ISO 14043:2000) koji su promijenjeni kako bi se poboljšalo razumijevanje sadržaja, no zahtjevi i tehnički sadržaj je ostao nepromijenjen (Anonymus 2).

Sve veća potražnja za proizvodima vrši pritisak na okoliš. Eksploatacija resursa i proizvodnja ima potencijalno razarajući utjecaj na prirodu. Novi standardi će olakšati postupak procjene utjecaja koje proizvod ima na okoliš tijekom cijelog svog života, čime se potiče učinkovito korištenje resursa i smanjenje štetnih utjecaja.

Kao što je već navedeno, procjena životnog ciklusa (LCA) je procjena utjecaja određenog proizvoda na okoliš tijekom njegovog životnog vijeka. Cilj LCA je usporediti djelovanje određenog proizvoda na okoliš kako bi se izabrao onaj koji najmanje opterećuje okoliš.

Pojam „životni ciklus“ odnosi se na ideju da se za pravu, holističku procjenu, postupci proizvodnje sirovine i proizvoda, distribucije, upotrebe i odlaganja (uključujući sve korake u transportu), moraju detaljno procijeniti. Koncept se također može koristiti za optimizaciju djelovanja pojedinačnog proizvoda (ekološki dizajn) ili neke tvrtke, na okoliš (ISO 14040, 2006).

## KOMPONENTE PROCJENE ŽIVOTNOG CIKLUSA (LCA)

LCA proces je sistematični i ponovljivi pristup sastavljen od četiri komponente (*Slika 2*):

- **Definiranje cilja i opsega:** ključni korak u kojem se jasno treba navesti cilj istraživanja i definirati njegov opseg te za što su rezultati istraživanja namijenjeni (tj. svrha).

Dokumentacija sadrži:

- funkcionalnu jedinicu - precizno definira što se istražuje i predstavlja važnu osnovu koja omogućuje usporedbu i analizu alternativnih materijala i usluga
- granice sustava – razgraničavaju procese koji bi se trebali analizirati u postupku proizvodnje
- pretpostavke i ograničenja
- metode raspodjele - služe za podjelu opterećenja okoliša kod proizvoda ili funkcija koje dijele isti proces; provode se na tri načina: proširenjem sustava, zamjenom ili podjelom sustava
- kategorije utjecaja – odabiru se prema predmetu istraživanja, npr. globalno zatopljenje, eutrofikacija, toksičnost, acidifikacija (Anonymus 3)

- **Analiza inventara (LCI):** obuhvaća popisivanje svih ulaznih i izlaznih jedinica: ulazne jedinice su energija, voda, sirovine, a izlazne proizvodi, nusproizvodi, emisije ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ) u vodu, zemlju, zrak te čvrsti otpad

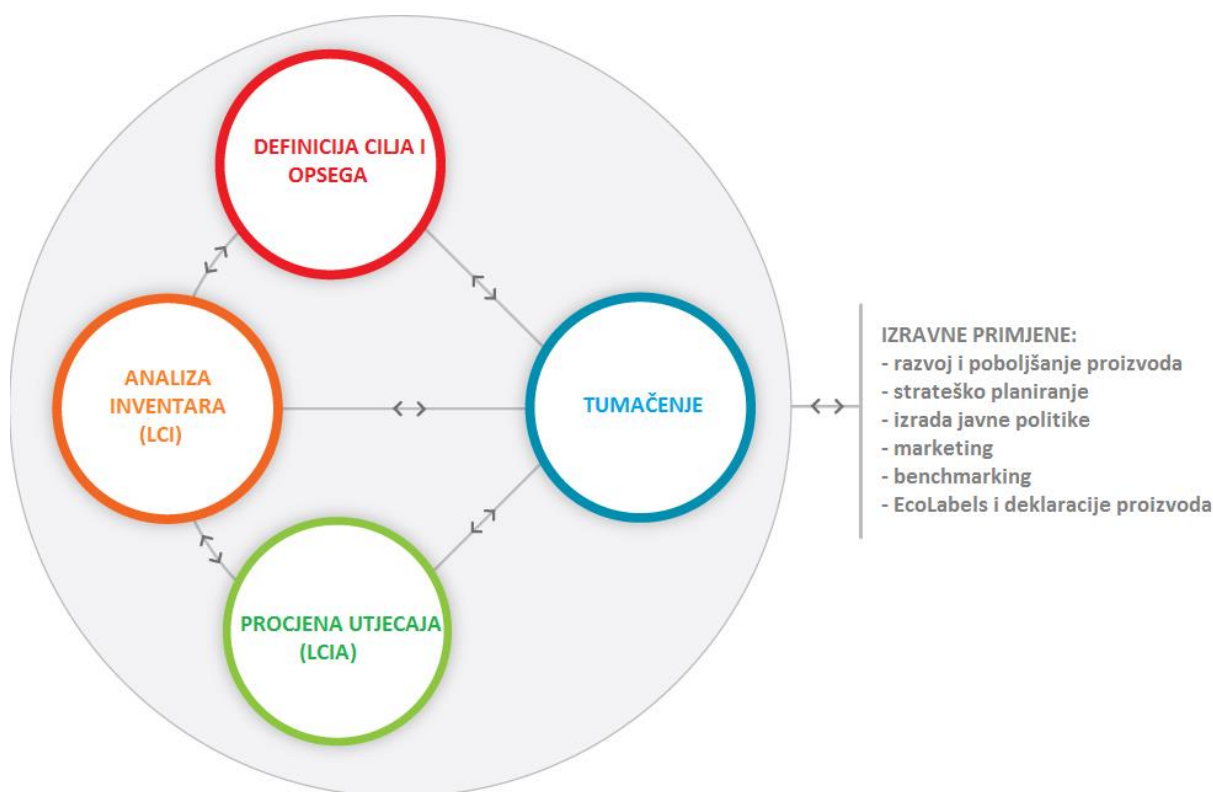
- **Procjena utjecaja (LCIA – Impact assessment):** procjena važnosti mogućih utjecaja na okoliš koja se temelji na rezultatima LCIA („Life cycle impact assessment“)

LCIA se sastoji od nekoliko ključnih elemenata, a to su:

- odabir kategorije utjecaja, indikatora kategorije te karakterizacija modela
- klasifikacija – parametri inventara se sortiraju i stavljaju u određenu kategoriju utjecaja
- mjere utjecaja –karakterizacija LCI tokova, uz upotrebu jedne od mogućih LCIA metodologija, u ekvivalentne jedinice koje zajedno daju ukupan prikaz kategorija utjecaja

- **Tumačenje životnog ciklusa:** sistematična tehnika za identifikaciju, kvantifikaciju, provjeru i ocjenjivanje informacija dobivenih iz rezultata inventara životnog ciklusa ili procjene utjecaja životnog ciklusa (LCIA) koji su sumirani u fazi tumačenja. Ishod faze tumačenja je skup zaključaka i preporuka za provođenje istraživanja. Prema ISO 14040, 2016., faza interpretacije treba sadržavati i:
  - Identifikaciju ključnih problema koja se temelji na rezultatima LCI i LCIA faza unutar procjene životnog ciklusa (LCA)
  - Procjenu istraživanja s obzirom na cjelovitost, osjetljivost i provjere dosljednosti
  - Zaključke, ograničenja i preporuke

Tumačenje rezultata LCA započinje razumijevanjem preciznosti rezultata za koje se mora utvrditi da su povezani s ciljem istraživanja. To se postiže identifikacijom podataka koji uveliko pridonose svakoj kategoriji utjecaja, ocjenjujući osjetljivost tih podataka, procjenjujući potpunost i dosljednost istraživanja te donošenjem zaključaka i preporuka koje se temelje na jasnem razumijevanju načina provedbe Procjene životnog ciklusa (LCA) i razvoja rezultata. (Anonymus 3)



Slika 2: Komponente LCA (ISO 2006.)

## **VARIJANTE PROCJENE ŽIVOTNOG CIKLUSA (LCA)**

-„Cradle to grave“ili od kolijevke do groba LCA -predstavlja potpunu procjenu životnog ciklusa, od ekstrakcije do faze upotrebe i odlaganja proizvoda

-„Cradle to gate“– predstavlja djelomičnu LCA analizu od ekstrakcije do vrata tvornice, tj. do procesa proizvodnje (prije transporta i stavljanja na tržište)

-„Cradle to cradle“ili od kolijevke do kolijevke (zavorena petlja) – posebna varijanta LCA kod koje nakon zadnje faze koja predstavlja kraj života proizvoda, dolazi faza recikliranja ; metoda se koristi za umanjivanje utjecaja proizvoda na okoliš primjenom održive proizvodnje, poslovanja i odlaganjate za cilj ima uključiti društvenu odgovornost u razvoj proizvoda (Anonymus3)

-„Gate to gate“– djelomična LCA koja se bazira samo na jednom procesu u cjelokupnom proizvodnom procesu

-„Well to wheel“ – posebna LCA koja se koristi za procjenu transporta goriva i vozila; koristi se za procjenu ukupne potrošnje energije i ugljičnog otiska

Sastoji se od 2 faze: uzvodna faza koja obuhvaća procesiranje goriva te dostavu ili prijenos energije; te nizvodna faza koja obuhvaća operacije vezane uz vozilo

-„Eco – LCA“– sastoji se od istih elemenata kao i obična LCA, no uzima u obzir širi raspon ekoloških utjecaja (Anonymus 3)

## **PROBLEM OTPADA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI**

Većina vodećih prehrambenih industrija u zemljama Zapadne Europe uvode programe čija je svrha zaštita okoliša i smanjenje utjecaja na okoliš. Pitanje utjecaja na okoliš je postalo vrlo važno i za potrošače i za vladine agencije. Upotreba „zelenih“ simbola na ambalaži proizvoda nije bitna samo za bolju sliku tvrtke i uspješniju prodaju, već i za učinkovitost proizvodnje te troškove proizvodnje.

Zato je Procjena životnog ciklusa (LCA) važan alat za kontinuirano provođenje tih programa. LCA uključuje interakciju svih faza proizvodnje s okolišem, uključujući i upotrebu energije, kroz cijeli životni ciklus proizvoda. Vrlo je bitan kod identifikacije kritičnih točaka u

prehrambenom lancu s obzirom na utjecaje na okoliš, ondakada treba birati između više različitih alternativnih postupakate izabrati onaj koji ima najmanje štetne učinke na okoliš.

Iako prehrambeni otpad predstavlja ekonomski gubitak i onečišćenje, u potpunosti je biorazgradiv te se može kompostirati ili koristiti u proizvodnji hrane za životinje, dok je odlaganje ambalažnog otpada zahtjevnije. Zahtjevi za ponovnu upotrebu takvog otpada, smanjenje korištenja nepotrebne ambalaže i oblikovanje ambalaže te jednostavno odvajanje materijala za ponovnu upotrebu, postaju sve stroži.

Prema Europskom parlamentu i direktivi Vijeća 94/62/EC o ambalaži i ambalažnom otpadu, navedeno je nekoliko zahtjeva:

- 1.) Sprječavanje proizvodnje ambalažnog otpada
- 2.) Recikliranje i ostali oblici „opravka“ ambalažnog otpada
- 3.) Ponovna upotreba
- 4.) Sigurno odlaganje ambalažnog otpada
- 5.) Smanjenje prekomjernog korištenja ambalažnog materijala
- 6.) Reduciranje odlagališta na apsolutni minimum

Provodi se veliki broj istraživanja koja se bave problemom recikliranja i ponovne upotrebe ambalaže s naglaskom na sigurnost potrošača i kvalitetu proizvoda. Na primjer, ponovna upotreba plastičnih boca se uspješno provodi, no problem nastaje kod pranja takve ambalaže jer kod temperature vode iznad 70°C dolazi do prenošenja okusa i ispuštanja hlaljivih tvari. Taj problem je riješen nanošenjem novog sloja PET materijala na reciklirane PET boce nakon čega nije došlo do promjene svojstava propusnosti i termičkog i kemijskog propadanja materijala ni nakon 15 ciklusa ponovne upotrebe.

U Europi se javlja interes za upotrebu jestive i biorazgradive ambalaže na proteinskoj i ugljikohidratnoj bazi (derivati škroba). Premda se u nekim državama takvi filmovi već koriste, u Europi se još provode istraživanja te nisu toliko rašireni u komercijalnoj upotrebi. Da bi se koristili, prvo je potrebno kombinirati svojstva propusnosti za kisik s dobrom mehaničkom snagom te propusnosti za vlagu (Bengtsson, 1998).

## MODELIRANJE PREHRAMBENOG OTPADA POMOĆU LCA

Otpad od hrane je globalni kritički aspekt za održiv razvoj, bilo iz perspektive okoliša ili sigurnosti hrane, ali je također i društveni problem. Oko 1,3 milijarde tona jestive hrane se globalno izgubi putem lanaca opskrbe hranom, što odgovara jednoj trećini hrane proizvedene za ljudsku potrošnju (FAO, 2011).

Taj gubitak hrane predstavlja veliko okolišno opterećenje koje se može izbjeći, te velik problem s društvenog stajališta. Provedba mjera za smanjenja otpada hrane je složena (Mourad, 2016.; Priefer et al., 2016). Svake godine, oko 10 milijuna ljudi umire od gladi i bolesti povezanih s gladi (Nellemann et al., 2009). FAO (2013) je procijenio da utjecaji na okoliš povezani s rasipanjem (bacanjem) hrane iznose oko:

- 1.) 3.3 GtCO<sub>2</sub>eq, stakleničkih plinova (GHG), što čini rasipanje hrane četvrtim proizvođačem stakleničkih plinova, nakon Kine, SAD-a i EU;
- 2.) 240 000 m<sup>3</sup> potrošene vode za navodnjavanje
- 3.) 1,4 milijarde hektara zemlje kultivirane uzalud.

Modeliranje prehrambenog otpada u LCA je uobičajena praksa jer je referentni tijek definiran kao dio funkcionalne jedinice te prema tome inventar uključuje otpad stvoren kroz lanac proizvodnje (koji je relativan u odnosu na referentni tijek). Međutim, kako bi se posebno procijenio utjecaj otpada hrane, potreban je predani rad, a smjernice modeliranja još uvijek nisu definirane (Bernstad Saraiva Schotta and Canovas, 2015.; Corrado et al., 2016).

Praćenjem standardne procedure, vidljivo je da su utjecaji povezani s otpadom hrane sakriveni u rezultatima procjene utjecaja različitih stupnjeva životnog ciklusa u lancu opskrbe. U prehrambenim sustavima, to je najčešće primarna proizvodnja (poljoprivreda i ribarstvo). To ne zahtjeva razvoj novih metoda, ali zahtjeva predano tumačenje rezultata, što zauzvrat postavlja zahtjeve u strukturiranju LCA modela kako bi se izvukli specifični utjecaji otpada hrane.

Na otpad hrane se može gledati kao simptom disfunkcionalnog lanca opskrbe hranom, disfunkcionalnog u tehnološkom i upravljačkom pogledu. Podrazumijeva da postoje važni ne-tehnološki aspekti rješenja koji se razvijaju. Nužno je da poduzete mjere u stvarnosti pridonose pravim poboljšanjima, a ne da samo prebacuju problem. LCA je prikladan alat za procjenu i tehnoloških i upravljačkih rješenja. Međutim, potrebno je svjesno primijeniti LCA (Notarnicola i sur., 2017).

## PRIMJENA LCA METODE NA PREHRAMBENI PROIZVOD



*Slika 3:* Životni ciklus prehrambenog proizvoda – kečap

## PROCJENA ŽIVOTNOG CIKLUSA (LCA) KEČAPA OD RAJČICE

Proveden je skrining procjene životnog ciklusa kečapa s ciljem identificiranja kritičnih točaka koje su važne za ukupni utjecaj na okoliš. U istraživanju su sudjelovali švedski proizvođač kečapa od rajčice i talijanski proizvođač paste od rajčice. Sustav koji se istraživao obuhvaća poljoprivrednu proizvodnju (uzgoj) rajčice, industrijsku preradu, pakiranje u ambalažu, transport, konzumaciju te upravljanje otpadom. Kvantificirana je potrošnja energije i emisije te su procijenjeni neki potencijalni okolišni učinci. Kritične točke većine kategorija utjecaja su faze pakiranja i procesiranja hrane. Kao primarna potrošnja energije, vrijeme skladištenja u hladnjaku, je kritični parametar. Procjena utjecaja životnog ciklusa (LCIA) uključuje sljedeće učinke na okoliš: globalno zatopljenje, oštećenje ozonskog omotača, acidifikaciju, eutrofikaciju, stvaranje foto-oksidansa, toksičnost od strane čovjeka i ekotoksičnost (Andersson, 1998).

## **PROVEDBA METODE**

### **Određivanje/definiranje cilja:**

Glavni cilj istraživanja, financiranog od strane švedskog vijeća za istraživanje otpada, je bio odrediti ključne probleme povezane s procjenom životnog ciklusa kečapa, kao što su koraci LCA koji daju najznačajniji rast okolišnih ulaznih i izlaznih parametara, tj. kritične točke te odrediti veće praznine u dostupnim podacima. Izvješće rada, osim skrininga LCA, sadrži i usporedbu trenutnog sustava za pakiranje s alternativnim te poboljšanje u procjeni odabranog dijela životnog ciklusa.

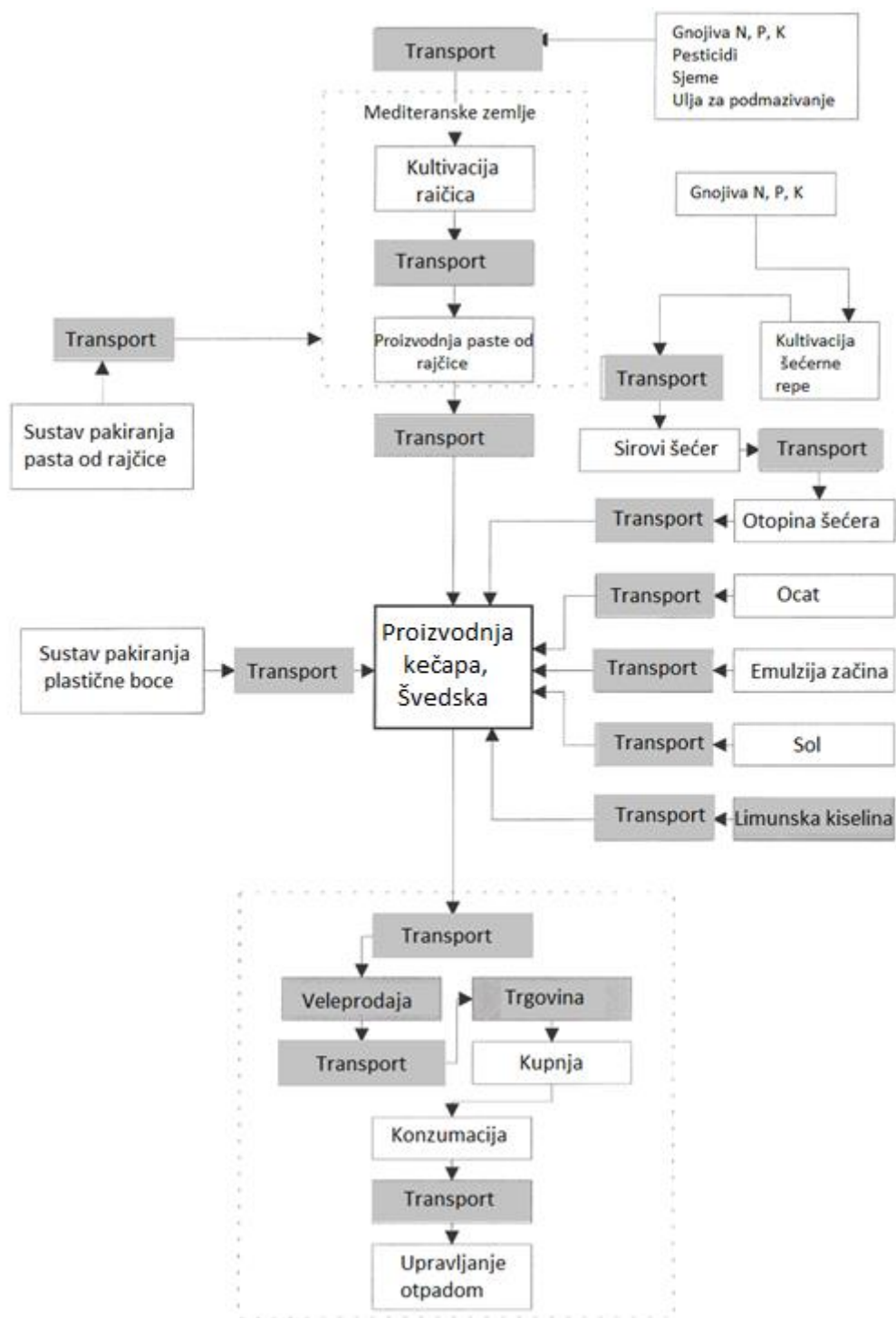
### **Istraživani proizvod i sustav**

Proizvod koji se istražuje je jedan od najčešćih brendova kečapa u Švedskoj, a na tržište se stavlja u plastičnoj ambalaži od 1kg. Na *slikama 4, 5 i 6* prikazani su redom : cjelokupni istraživani sustav, sustav pakiranja paste od rajčice i kečapa. Životni ciklus rajčica započinje njihovim uzgojem i procesiranjem u zemljama Mediterana, nakon čega se pasta od rajčice transportira u Švedsku te dalje procesira sa ostalim sastojcima (začinima, soli, octom) i vodom te se na kraju procesa dobije kečap. On se pakira u plastične polipropilenske boce načinjene od pet slojeva materijala.

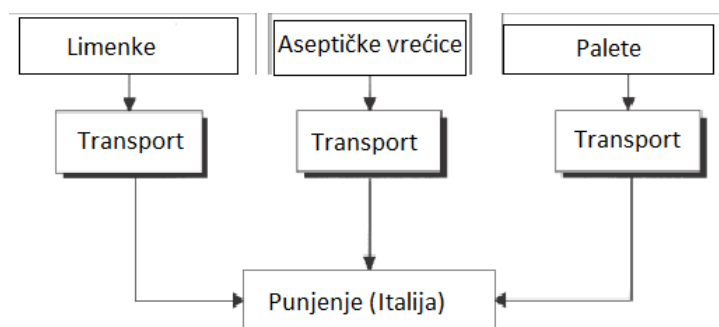
### **Funkcionalna jedinica**

Definira se kao 1000kg konzumiranog kečapa, uz pretpostavku 5%-tnog gubitka u kućanstvima (Andersson, 1998).

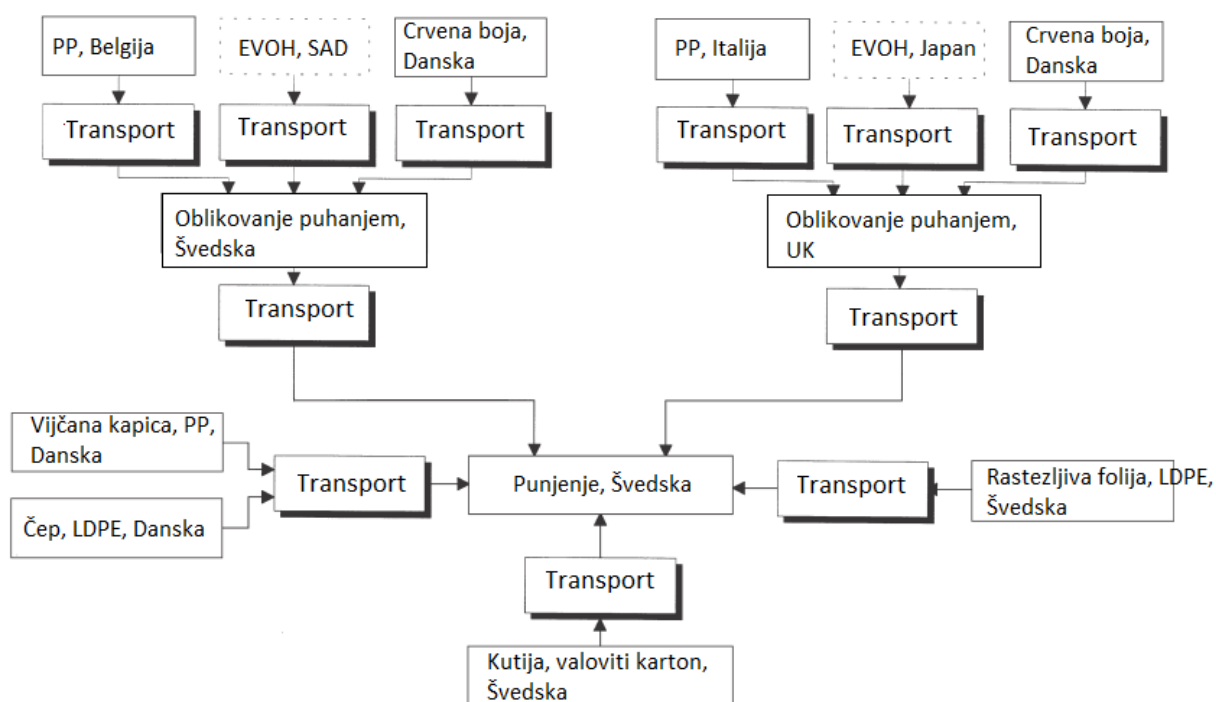




Slika 4: Glavni tokovi procjene životnog ciklusa švedskog kečapa od rajčice (Andersson, 1998)



Slika 5: Istraženi sustav pakiranja paste od rajčice (Andersson, 1998)



Slika 6: Istraženi sustav pakiranja kečapa (LDPE - polietilen niske gustoće, PP – polipropilen, EVOH - etilen vinil alkohol) (Andersson,1998)

## **Analiza inventara i prikupljanje podataka**

Podaci su prikupljeni putem raznih upitnika, intervju a i okolišnih izvješća na mjestima određenih faza proizvodnje. Podaci o kultivaciji rajčica su prikupljeni od farme koja je dobavljač rajčice za proizvodnju paste. Otpad nakon faze pakiranja se odvozi na odlagališta, reciklira ili spaljuje uz regeneraciju energije.

## **Granice sustava**

Proširenje istraživnog sustava obuhvaća i proizvodnju energije, kultivaciju šećerne repe, proizvodnju šećera, postupanje s otpadnim vodama iz proizvodnje šećerne otopine i kečapa, prodaju i fazu domaćinstva. Uključeni su podaci o količini toplinske energije korištene za sagorijevanje, emisiji iz faze ekstrakcije goriva, potrošnji električne enerije.

Provedena je usporedba dvaju načina za upravljanje otpadom. Kod spaljivanja otpada, dio energije se regenerira što za posljedicu ima reduciranje upotrebe ulja za potrebe zagrijavanje. Sukladno s tim, dio energije koji se povratio u upotrebu je oduzet od podatka o ukupnoj potrošnji energije. Također, ukupna količina emisija kod upotrebe ulja za proizvodnju energije je smanjena za postotak energije koja se je regenerirala kod spaljivanja otpada.

Korišteni su podaci o učinkovitosti i potrošnji energije kod mehaničke, biološke i kemijske obrade otpadnih voda iz proizvodnje kečapa i otopine šećera u komunalnim postrojenjima, dok ostala postrojenja za procesiranje hrane imaju vlastitu obradu takvih voda.

Podaci iz ostalih faza ( proizvodnje limunske kiseline, plastičnih boca, boje te faze transporta od veleprodaje do maloprodaje) nisu uključeni u granice sustava jer su nepotpuni. U fazi kultivacije, također nisu uzeti u obzir podaci o asimilaciji CO<sub>2</sub> u biljkama, ni curenje nutrijenata i plinovitih emisija s polja, poput amonijaka i dušikovog oksida. U budućnosti je potrebno naći prikladne modele za prikupljanje tih podataka.

## **Metodološki odabir, pretpostavke i pojednostavljenja**

Kod proizvodnje paste od rajčice i kečapa, raspodjela je načinjena na temelju težine te je utvrđeno da je za proizvodnju jedne tone paste potrebno utrošiti 5,9 GJ toplinske (prevladavaju faze isparavanja i sterilizacije) i 0,38 GJ električne energije.

U postrojenju za proizvodnju paste od rajčice, proizvode se i konzervirane oguljene i narezane rajčice, a u postrojenju za proizvodnju kečapa, preljevi za salate, džem, majoneza,

hren i ulje za prženje; no prema masi, 66% cjelokupne proizvodnje se odnosi na proizvodnju kečapa.

Za proizvodnju kečapa, prema raspodjeli mase, utvrđeno je da je potrebno utrošiti 5,2 GJ toplinske i 0,20 GJ električne energije po toni proizvoda.

Kako bi se u procjenu LCA ubrojio transport kečapa (od trgovine do potrošača) te izračunalo opterećenje okoliša, uvedene su neke pretpostavke – 55% se odnosi na putovanje autom s pretpostavkom da vožnja traje 2,5 kilometara u svakom smjeru (od trgovine do kućanstva i obratno) te da je prosječna količina namirnica 10 kilograma. Opterećenje okoliša je razdijeljeno prema težini kupljenih proizvoda.

Za procjenu opterećenja okoliša uzrokovanog gubicima u fazi domaćinstva, svi rezultati iz analize inventara su pomnoženi s faktorom 1,05.

Pretpostavljeno je da su sve rajčice koje su uzgojene, upotrijebljene u proizvodnji - bilo paste od rajčice, kečapa ili nekog drugog proizvoda.

## **Procjena utjecaja**

Procjenjeni su doprinosi nekoliko kategorija utjecaja prema nordijskoim smjernicama za provedbu LCA:

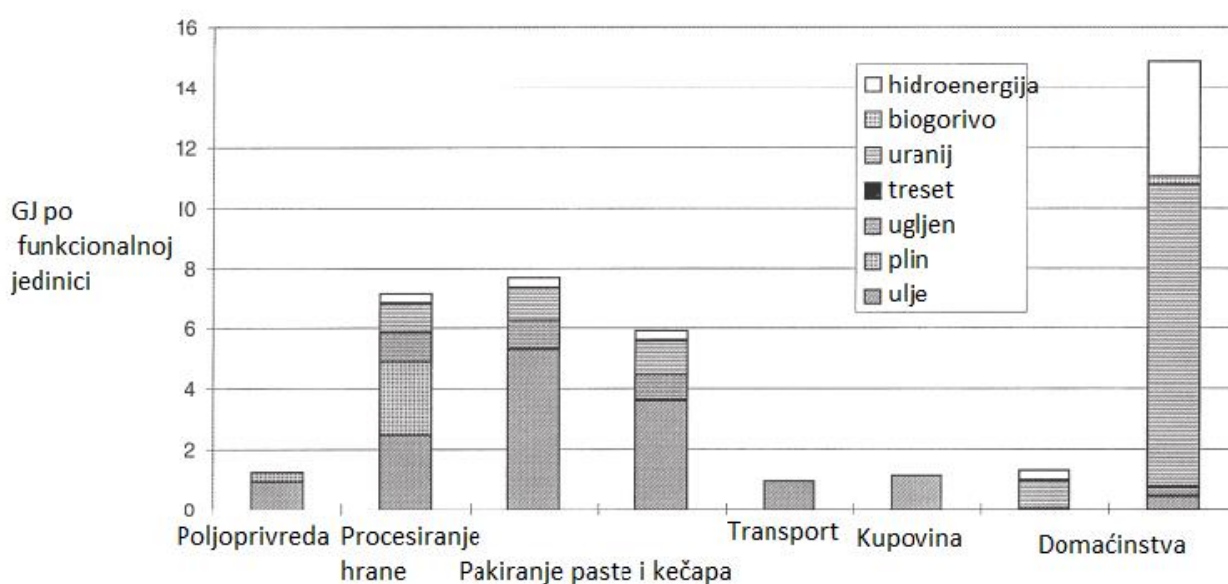
- Globalno zatopljenje - pomoću Globalnih potencijala za zagrijavanje(GWP) vremenskih-horizonta za 20, 100 i 500 godina, procjenio se utjecaj izravnih stakleničkih plinova; indirektni staklenički plinovi su uključeni za provjeru utjecaja na rezultate
- Oštećenje ozonskog omotača – koristili su se rezultati iz inventara, onih tvari koje imaju izravan ili neizravan doprinos ovom efektu, a to su plinovi: metan, dušikovi oksidi, ugljični monoksid te ne-metanski ugljikovodici.
- Acidifikacija – procjena je izvršena korištenjem pristupa „otpuštanja protona“
- Eutrofikacija –procjenjena je prema pristupu koji dijeli tu kategoriju na pet podkategorija; za potpunu karakterizaciju rezultata u obzir je uzet parametar biološke potražnje (potrošnje) kisika (BOD) ili kemijske potražnje kisika (COD)
- Stvaranje foto-oksidansa – opisano je koristeći koncept fotokemijskih potencijala stvaranja ozona (POCP)
- Ljudska toksičnost – procjena upotrebom CML i Tellus metoda

- Ekotoksičnost – procjena utjecaja upotrebom CML metode

## Rezultati

### Potrošnja energije:

Istraživanje pokazuje da se najviše energije potroši u fazama proizvodnje (trećina otpada na pastu od rajčice, trećina na sastojke kečapa i trećina na samu proizvodnju kečapa) i pakiranja proizvoda u ambalažu te u domaćinstvima tijekom skladištenja u hladnjacima, što predstavlja kritičnu točku.



Slika 7: Primarni potrošači energije u proizvodnji kečapa (Andersson, 1998)

### Globalni učinci na okoliš:

Najveći učinak na globalno zatopljenje ima faza proizvodnje (oko 450 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta po funkcionalnoj jedinici) te taj učinak gledano kroz 500 godina u budućnost lagano opada. Druga faza po visokom utjecaju na globalno zatopljenje je faza pakiranja kečapa u plastične boce. Te dvije faze imaju najveći utjecaj zbog najveće potrošnje fosilnih goriva. Najmanji utjecaj ima faza transporta s oko 100 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta po funkcionalnoj jedinici. Doprinos indikretnih stakleničkih plinova kroz duži vremenski period opada.

Što se tiče utjecaja na oštećenje ozonskog omotača, najveće količine metana ( $\text{CH}_4$ ) se stvaraju u fazi proizvodnje, dušikovog dioksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) u fazi uzgoja rajčica, ugljičnog monoksida ( $\text{CO}$ ) kod kupovanja proizvoda te ne-metanskih ugljikovodika u fazi pakiranja.

#### Regionalni učinci na okoliš:

Kritična točka za acidifikaciju je podsustav proizvodnje hrane. Najveći utjecaj, 70% do 90%, na taj efekt ima sumporni dioksid koji se oslobađa tijekom proizvodnje paste od rajčice zbog kombinacije visokih temperatura i teških loživih ulja. Oslobađanje  $\text{SO}_2$  je izbjegnuto u fazi pakiranja kečapa zbog spaljivanja otpada kojim se dobiva energija te se ne koriste ulja za zagrijavanje.

Kod eutrofikacije, kritična točka je poljoprivredni podsustav zbog emisije fosfata u proizvodnji fosfatnih gnojiva. Za ispuštanje dušikovitih spojeva u atmosferu su najviše zaslužne faze poljoprivrede, transporta i procesiranja.

Na stvaranje foto-oksidansa najveći utjecaj ima faza proizvodnja i faza kupovine.

Prema Tellus metodi za ljudsku toksičnost i CML metodi za ekotoksičnost, kritična točka je poljoprivredni sektor zbog prisutnosti teških metala u gnojivima na bazi fosfora. Faza proizvodnje ima najviše emisija štetnih spojeva u atmosferu, faza uzgoja najviše emisija u vodu i tlo.

#### Zaključak istraživanja:

Identificirani se dijelovi životnog ciklusa proizvoda koji imaju kritični utjecaj na okoliš te veliki nedostaci u dostupnim podacima. Kao indikator učinka na okoliš najčešće se koristi potrošnja energije. Kod većine kategorija utjecaja, faza procesiranja hrane i njenog pakiranja, su kritične točke sustava. U domaćinstvu je kao kritična točka navedeno vrijeme skladištenja proizvoda u hladnjacima (Andersson, 1998).

## **ZERO WASTE**

Zero waste je koncept čiji je cilj da se promjeni životni ciklus nekog proizvoda te da se on nakon prvog kraja životnog ciklusa ponovno upotrijebi na neki način. Potrebno je smanjiti količinu otpada na odlagalištima te minimizirati spaljivanje otpada zbog štetnih utjecaja na okoliš, ispuštanja toksičnih tvari u atmosferu, zemlju i vodu (Anonymus 4).

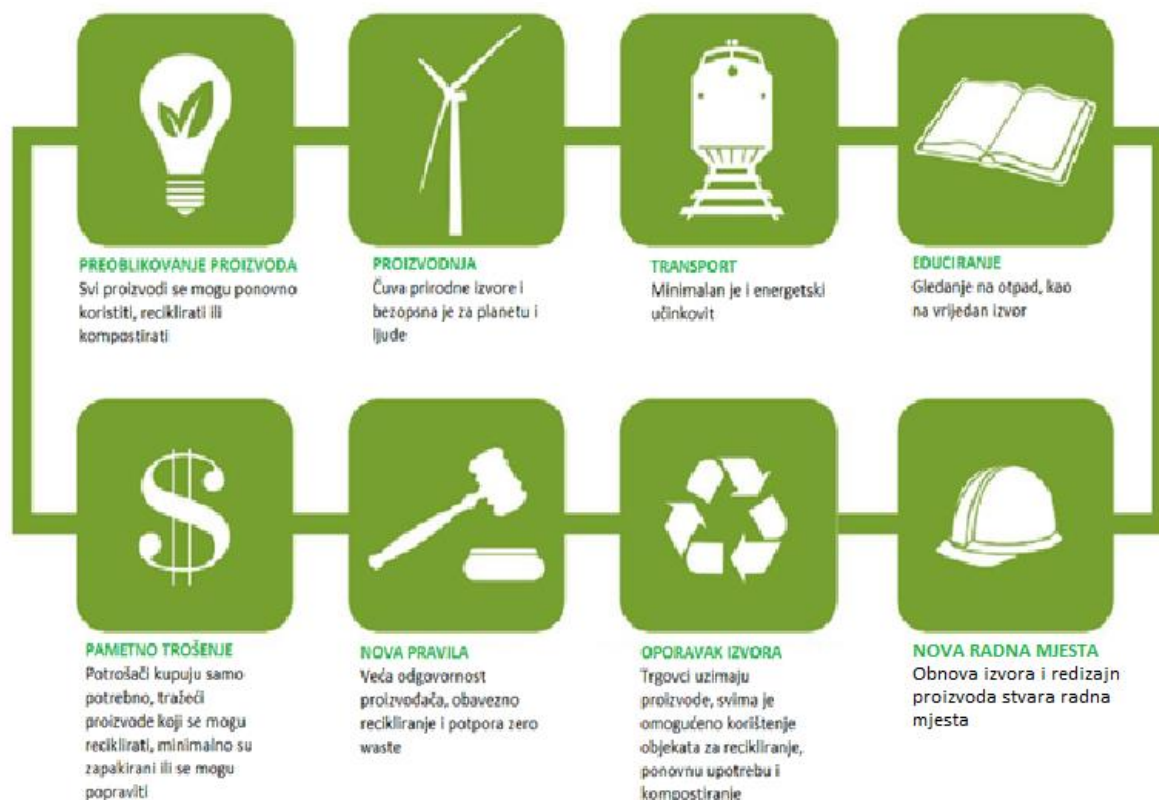
Zero waste je cilj koji je etičan, ekonomičan, učinkovit i vizionarski te vodi ljude kroz promjenu njihovih životnih stilova i ponašanja kako bi imitirali održive prirodne cikluse, gdje su svi odbačeni materijali oblikovani da ponovno postanu izvori za korištenje.

Predstavlja oblikovanje i upravljanje proizvodima i procesima kako bi se sistematski izbjegavala i eliminirala velika količina i toksičnost otpada i materijala te kako bi očuvali i oporavili sve resurse, a ne ih zapalili ili zakopali na odlagalištima.

Provedba Zero waste koncepta će eliminirati sva ispuštanja u zemlju, vodu ili zrak koja predstavljaju prijetnju za zdravlje planete, čovjeka, životinja ili biljaka (Anonymus5).

Odnosi se na upravljanje otpadom i planiranje pristupa kojima se sprječava nakupljanje otpada, čime se masivno mijenja tok materijala u društvu. Temelji se ne samo na recikliranju i ponovnoj upotrebi, već i na restrukturiranju proizvodnje te sustava distribucije u svrhu smanjenja količine otpada. Potrebno je birati između različitih dizajna pakiranja proizvoda, procesa proizvodnje i materijala koji se koriste te odabrati onaj koji ima najmanji učinak na okoliš kako bi se smanjilo zagađenje i troškovi proizvodnje (Anonymus 4).

Dolazi do prevelike ekstrakcije resursa iz prirode te količine materijala koji se koriste u proizvodnji raznih proizvoda postaju ograničene. Zbog toga je važno da se do sada linearni sustav upravljanja otpadom pretvori u kružni sustav kod kojeg je veća učinkovitost uporabe materijala, proizvoda i tvari te je cilj takvog sustava otpad prenamijeniti u neki drugi koristan oblik. Zero waste se zalaže za dizajniranje proizvoda kod kojeg bi se koristile minimalne količine materijala, reciklirani i bezopasniji materijali, proizvodili proizvodi s dužim vijekom trajanja i koji se lako mogu popraviti i odvojiti na kraju životnog ciklusa. Time se ujedno potiče održivi razvoj i štiti okoliš, smanjuju se troškovi i otvaraju nova radna mjesta u sustavima upravljanja i vraćanja otpada natrag u ciklus proizvodnje (Anonymus 4).



Slika 8: Elementi Zero waste-a (Anonymus 6)

## PRIMJENA ZERO WASTE KONCEPTA ZA UZGOJ GLJIVA - STARTUP TVRTKA FUNGHI ESPRESSO

Tvrtka je osnovana 2013. godine u Italiji s ciljem upotrebe taloga kave kao supstrat i izvor hranjivih tvari za uzgoj gljiva.

Italija je poznata po potrošnji i ispijanju kave te se pretpostavlja da godišnje nastane oko 380 tisuća tona taloga kave koji se smatra otpadom proizvodnje velikih količina kave.

Osnivači Funghi Espresso-a su osmislili inovativan sustav koji zatvara ciklus proizvodnje kave tako da se iz, nekadašnjeg otpada, dobije novi proizvod.

Taj projekt vodi k razvoju inovativnog i održivog modela ponovne upotrebe izvora i proizvodnje koja je nadahnuta načelima „Plave ekonomije“.



Tvrtka funkcionira na način da prikuplja odbačeni talog od kave iz restorana i kafića u bliskom području te ga ponovno koristi kao hranjivu podlogu za rast i uzgoj gljiva koje se zatim prodaju lokalnim restoranima i potrošačima. Nakon uzgoja gljiva, preostali supstrat se ne baca, već se ponovno koristi, ali za obogaćivanje poljoprivrednih površina.

Također se proizvodi i komplet za vlastiti uzgoj gljiva kod kuće, upotrebljavajući isti supstrat od taloga kave (Anonymus 7).



*Slika 9:* Gljive uzgojene na podlozi od taloga kave – Funghi Espresso (Anonymus 8)

## **ZAKLJUČAK:**

U ovom radu je obrađena tematika procjene životnog ciklusa proizvoda, tj. potpuna LCA ili „cradle to grave“ LCA. Metoda je korisna kod istraživanja i procjene proizvodnih procesa jer se mogu dobiti informacije o kritičnim točkama unutar procesa, na čijem temelju se zatim određeni dijelovi procesa mogu unaprijediti i smanjiti potrošnja energije ili drugih elemenata. U istraživanju iz 1998. godine, „Skrining LCA kečapa“, navedeni su dijelovi LCA te štetni utjecaji svih faza proizvodnje kečapa na okoliš (od kultivacije rajčice do kranjih potrošača). Utvrđene su kritične točke u fazama proizvodnje i pakiranja te skladištenja kroz duži vremenski period u kućanstvima jer je kod njih zabilježena najveća potrošnja energije. Također je pronađen način kako smanjiti dio potrošnje energije spaljivanjem otpada pri čemu se osigurava potrebna energija bez potrebe za zagrijavanjem na loživo ulje.

U budućnosti će pitanje okolišne sigurnosti postajati sve važnije te će se morati pronaći mjere koje ne iscrpljuju prirodu i ne uzrokuju curenje i emisiju štetnih tvari u atmosferu, tlo i vodu. Pojmovi LCA i zero waste moraju se uvesti u svakodnevnu primjenu ako želimo krenuti prema održivom razvoju bez stvaranja otpada.

## POPIS SLIKA:

	Broj stranice
Slika 1: Stupnjevi procjene životnog ciklusa (LCA)	3
Slika 2: Komponente LCA	6
Slika 3: Životni ciklus prehrambenog proizvoda – kečap	10
Slika 4: Glavni tokovi procjene životnog ciklusa švedskog kečapa od rajčice	12
Slika 5: : Istraženi sustav pakiranja paste od rajčice	13
Slika 6: : Istraženi sustav pakiranja kečapa (LDPE - polietilen niske gustoće, PP – polipropilen, EVOH - etilen vinil alkohol)	13
Slika 7: Primarni potrošači energije u proizvodnji kečapa	16
Slika 8: Elementi Zero waste-a	19
Slika 9: Gljive uzgojene na podlozi od taloga kave – Funghi Espresso	20

## POPIS KORIŠTENE LITERATURE

- ISO – Međunarodna organizacija za standardizaciju,  
<[http://www.iso.org/iso/home/news\\_index/news\\_archive/news.htm?refid=Ref1019](http://www.iso.org/iso/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref1019)>
- Pardo G., Zufía J. (2011.) Life cycle assessment of food-preservation technologies, Food Research Division,<[www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)>
- Notarnicola B. , Sala S. , Anton A. , J. McLaren S.,Saouter E., Sonesson U. (2016.) The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges,<[www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)>
- Bengtsson N. (1998), New developments and Trends in Food Processing And Packaging in Europe, str. 288-291
- Anonymus1:<<http://www.hydroquebec.com/sustainable-development/documentation-center/life-cycle-analysis.html>>
- Anonymus2:  
<[http://www.iso.org/iso/home/news\\_index/news\\_archive/news.htm?refid=Ref1019](http://www.iso.org/iso/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref1019)>
- Anonymus3: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Life-cycle\\_assessment](https://en.wikipedia.org/wiki/Life-cycle_assessment)>
- Anonymus4: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Zero\\_waste](https://en.wikipedia.org/wiki/Zero_waste)>
- Anonymus5: <<http://zwia.org/standards/zw-definition/>>
- Anonymus6: <<http://radio.krcb.org/post/many-steps-needed-move-toward-zero-waste#stream/0>>
- Anonymus7: <<https://www.zerowasteeurope.eu/2017/01/from-waste-to-taste-funghi-espresso-brings-new-life-to-used-coffee-grounds/>>
- Anonymus8: <<https://www.eppela.com/en/projects/6687-funghi-espresso-2-0>>

## Izjava o izvornosti

*Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.*

Ivana Vidović Popela  
ime i prezime studenta